

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-212955

(43) 公開日 平成 8 年 (1996) 8 月 20 日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 1 J 37/147  
37/05

識別記号

B

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平7-304088  
(62) 分割の表示 特願昭63-294527の分割  
(22) 出願日 昭和63年(1988)11月24日

(71) 出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地  
(72) 発明者 黒田 勝広  
東京都国分寺市東恋ヶ窪 1 丁目 280 番地株  
式会社日立製作所中央研究所内  
(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

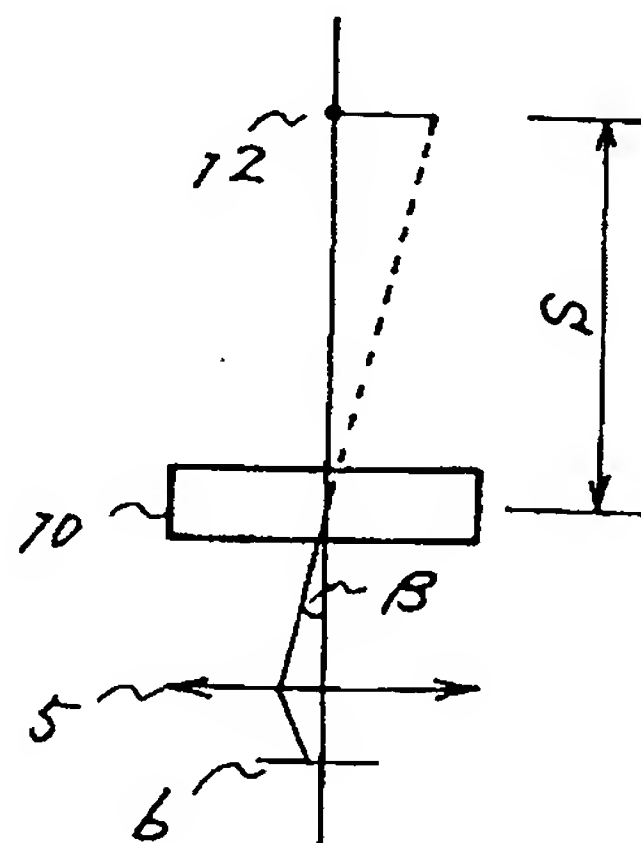
(54) 【発明の名称】 荷電粒子線応用装置

(57) 【要約】

【目的】 一段又は二段の  $E \times B$  フィルタと試料に印加した一次電子線を減速する電界により電子線像の高分解能を実現する。

【構成】 電子源からの一次電子線を絞るためのコンデンサレンズと試料との間に  $E \times B$  フィルタを配置しかつ試料に一次電子線を減速する電圧を印加して試料からの二次電子線を計測する。

図 2



# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-212955

(43)Date of publication of application : 20.08.1996

(51)Int.Cl.

H01J 37/147

H01J 37/05

(21)Application number : 07-304088

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 22.11.1995

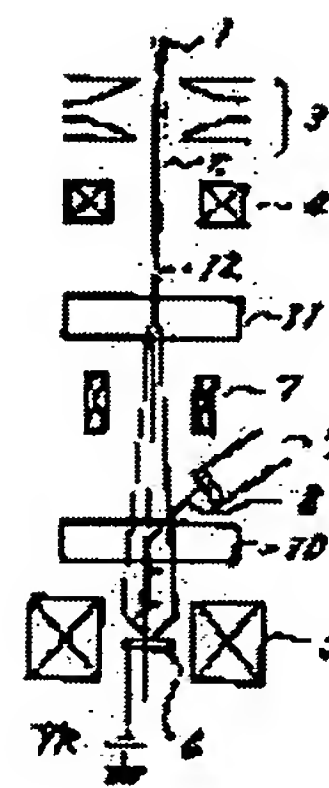
(72)Inventor : KURODA KATSUHIRO

## (54) CHARGED PARTICLE BEAM APPLYING DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide high resolution of an electron beam image by one or two-stage EXB filter and an electric field of decelerating a primary electron beam applied to a sample.

CONSTITUTION: An electron beam 2 output from an electron gun 1 is finely squeezed by an accelerating lens 3, condenser lens 4 and an objective lens 5, to irradiate a sample 6. The electron beam 2 is two-dimensionally scanned on the sample 6 by a deflector 7. A secondary electron 8 output from the sample 6 is detected by a secondary electron detector 9 to serve as an image signal. Negative voltage VR is applied to the sample 6 for decelerating the electron beam 2. A filter 10 of EXB type, orthogonally providing electric fields E, B so as to prevent an influence to a track of the electron beam 2, is arranged between the objective lens 5 and the detector 9. A filter 11 of EXB type is arranged to self erase chromatic aberration.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.11.1995

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 27.04.1999

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2993873

[Date of registration] 22.10.1999

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 11-08677

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 26.05.1999

[Date of extinction of right]

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】荷電粒子源と、

該荷電粒子源からでた一次荷電粒子線を試料に照射するためのコンデンサレンズと対物レンズを含むレンズ手段と、

該試料を保持する試料台と、

該試料に該一次荷電粒子線を減速させる減速手段と、

該一次荷電粒子線源と検出器の間に E × B 形フィルタを設け、

該減速手段と該 E × B 形フィルタを連動したことを特徴とする荷電粒子線応用装置。

【請求項 2】上記荷電粒子源が電子源であり上記減速手段に負の電圧に印加することを特徴とする請求項 1 記載の荷電粒子線応用装置。

【請求項 3】上記荷電粒子源がイオン源であり上記減速手段に正の電圧を印加することを特徴とする請求項 1 記載の荷電粒子線応用装置。

【請求項 4】上記検出器が二次電子線を検出することを特徴とする請求項 1 記載の荷電粒子線応用装置。

【請求項 5】上記減速電圧が 0 から - 9 0 0 V で上記 E × B 形フィルタの電界が 0 から 2 5 V / mm, 磁界が 0 から 1 4 ガウスで連動したことを特徴とする請求項 1 記載の荷電粒子線応用装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0 0 0 1】

【産業上の利用分野】本発明は、走査形荷電粒子顕微鏡及びその類似装置に係り、特に低加速領域において高分解能でかつ二次電子の高検出効率に好適な荷電粒子光学系に関する。

## 【0 0 0 2】

【従来の技術】走査形電子顕微鏡の分解能を向上させるために、特願昭 6 0 - 1 3 6 0 0 4 に記載されているような光学系が用いられている。すなわち、輝度が高く、エネルギー幅に小さな電界放射形 (F E) 電子銃と、レンズの内部に試料を配置して収差を極力小さくしたインレンズ形対物レンズとを組合わせたものである。このような光学系においても低加速領域においては分解能は低下する。

【0 0 0 3】一方、色収差を低減するために、特公昭 6 3 - 3 4 5 8 8 に記載されているような光学系が提案されている。

【0 0 0 4】この光学系は、電子線が試料を照射する直前まで高加速電圧とし、試料照射時に減速して低加速電圧化するものである。この場合、レンズ通過時の電子線のエネルギーが高いので、レンズ収差を小さくできる。すなわち、高分解能化が図れる。

【0 0 0 5】以上の観点から、低加速領域で従来以上の高分解能を得るためには、上記両者の光学系を組合せれば可能となる。すなわち、試料はレンズの内部に配置し、この試料に負の電圧を印加して減速すればよい。

【0 0 0 6】ただ、この場合問題となるのは二次電子の検出である。試料がレンズの外部にある従来の場合には、特公昭 6 3 - 3 4 5 8 8 に示されているように、一次電子線の減速電界で二次電子が加速されるまでに二次電子検出器の電界で二次電子を検出するように構成すればよかった。しかし、試料をレンズの内部に配置したインレンズ形では、レンズの磁界が強いためにこの磁界に二次電子が強く束縛されるばかりでなく、二次電子検出器をレンズの内部に配置できないという問題が生じる。

【0 0 0 7】E × B 形フィルタについては特開昭 6 2 - 7 3 5 4 1 号にウィンフィルタの非点補正方法が開示されている。更にまた、本出願人が出願した特願昭 6 3 - 2 0 8 3 2 0 号 (特開平 2 - 6 0 0 4 2 号) においてウィンフィルタの電界と磁界を与える電源を 1 つで構成することが開示されている。

## 【0 0 0 8】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、低加速領域で高分解能化を図り、かつ二次電子の高検出感度が得られる電子光学系を提供することにある。

## 【0 0 0 9】

【課題を解決するための手段】低加速電圧で高分解能を得るためには、試料をレンズの内部に配置したインレンズ形でかつこの試料に負の電圧を印加して一次電子線を減速させればよいことはすでに述べた。この光学系で二次電子の高検出効率化を図るために、一次電子線の減速電界で加速された二次電子をレンズ通過後検出器の方に偏向させればよい。ただこの場合、一次電子線には影響しないように二次電子のみを検出器の方に偏向する必要がある。そのためには、電界 (E) と磁界 (B) とを直行させたいわゆる E × B 形のフィルタを用いれば可能となる。

## 【0 0 1 0】

【作用】まず、試料照射の直前に電子線の減速を行えば、低加速電圧でも高分解能が得られることは従来技術からも分かる。

【0 0 1 1】一方、二次電子検出に関しては、E × B 形のフィルタを試料と検出器との間に用いているので、一次電子線を直進するようにしてやれば、エネルギーの異なる二次電子は自然に偏向されることになる。すなわち、図 5 に示すように電子線 2 の加速電圧  $V_0$  にたいして、次式を満足するように E と B を印加すれば、電子線 2 の軌道に影響を与えない。

## 【0 0 1 2】

## 【数 1】

$$E / V_0 = 2 k B \quad \cdots (1)$$

ここで、

## 【0 0 1 3】

## 【数 2】

$$k = \sqrt{e} / 2 m V_0 \quad \cdots (2)$$

【0 0 1 4】e / m : 電子の電荷 / 質量である。

【0015】この時、検出すべき二次電子8のエネルギーは減速電圧 $V_R$ でありかつ電子線2と方向が逆であるので、二次電子8の偏向角 $\theta$ は、

【0016】

【数3】

$$\tan \theta = EL (1 + \sqrt{V_R/V_0}) / 2 V_R \quad \dots (3)$$

【0017】となる。

【0018】この偏向方向を検出器の方向と一致させておけば、二次電子は検出器に向かって進むので、検出効率の向上が図れることになる。

【0019】

【実施例】本発明の一実施例を図1により説明する。

【0020】電子銃1から出た電子線2は、幾つかのレンズ（本実施例では加速レンズ3、コンデンサレンズ4、対物レンズ5）により細く絞られて試料6上を照射する。この電子線2は偏向器7により試料6上で二次元的に走査される。また、試料6から出てきた二次電子8は、二次電子検出器9により検出されて映像信号となる。

【0021】ここで、試料6は電子線2を減速するために負の電圧 $V_R$ が印加されている。このとき、出てきた二次電子はこの減速電圧 $V_R$ により逆に加速され、検出器9の電界のみでは十分に検出器9の方に偏向できなくなる。

【0022】そこで、出てきた二次電子8を検出器9の方に偏向するために偏向器を配置すればよいが、電子線2の軌道に影響のないように電界Eと電界Bとを直行させたいいわゆるE×B形のフィルタ10を対物レンズ5と検出器9との間に配置している。このとき、(1)式のようにEとBを印加すれば、電子線2の軌道には影響を与えずに二次電子8のみを検出器の方に偏向でき、検出効率の向上が図れる。

【0023】ただこの場合、フィルタ10による色収差が問題になる。この色収差による偏向角 $\beta$ は、

【0024】

【数4】

$$\beta = \Delta V E L / 4 V$$

$$= \tan \theta \Delta V V_R / 2 V_0 (1 + \sqrt{V_R/V_0}) \quad \dots (4)$$

【0025】で表わされる。ここで、 $\Delta V$ は電子線2のエネルギー幅である。

【0026】すなわち、図2に示すようにこの色収差により物点12で $S\beta$ の拡がりを持つことになり、対物レンズの倍率をMとすると試料上では $MS\beta$ の拡がりを生ずる。具体的数値の典型的な一例を示すと、 $\theta = 30^\circ$ 、 $\Delta V = 0.3 \text{ eV}$ 、 $V_0 = 1 \text{ kV}$ 、として $V_R$ に対する $\beta$ は図3に示すものとなる。この図から $\beta$ を大きく見積もって $5 \times 10^{-5}$ とし、 $S = 200 \text{ mm}$ 、 $M = 1/50$ とすると、 $0.2 \mu\text{m}$ の拡がりとなる。この値は、電子線2の所望の値（ $\sim \text{nm}$ ）より非常に大きい。

【0027】そこで、本発明では図4ならびに図1に示すように、E×B形のフィルタ11を配置してこの色収差を自己消去できるようにした。すなわち、図4から分かるように $\Delta V$ のエネルギー拡がりを持つ電子線2があたかも物点12の一点から出たかのようになるようにフィルタ11を動作させる。このフィルタ11の偏向角 $\beta'$ は、

【0028】

【数5】

$$\beta' = S \beta / T \quad \dots (5)$$

とすればよい。

【0029】以上により、電子線2の径を増大させることなく、二次電子8のみを検出器9の方に偏向することが可能となる。すなわち、低加速領域でも高分解能でかつ二次電子の高検出効率を得られることになる。

【0030】図1に示す本発明を実施した結果のごく一例を以下に示す。フィルタ11を物点12とフィルタ10とのほぼ中間に配置して電界Eと磁界Bとの作用長を約20mmとなるように構成し、 $V_S = 1 \text{ kV}$ と固定にして $V_R = 0 \sim 900 \text{ V}$ と変化させた。このとき、フィルタ10、11のそれぞれのEとBの強さを $E = 0 \sim 25 \text{ V/mm}$ 、 $0 \sim 50 \text{ V/mm}$ 、 $B = 0 \sim 14 \text{ Gauss}$ 、 $0 \sim 28 \text{ Gauss}$ と $V_R$ に連動させて変化させたところ、4～6nmの高分解能が実現できた。

【0031】本発明は、1kV以下の低加速電圧でnmオーダの分解能を得ることを目的になされたため、フィルタを2段にしたが、目的によっては1段で構成しても二次電子の高検出効率化は可能であることは、本実施例で述べた通りである。

【0032】また、本実施例では試料がレンズの内部に配置したが、レンズの外側に配置された構成の光学系にたいしても実施することができる。なおこの場合、二次電子検出器は試料と対物レンズとの間にあってもよいし、図1のように対物レンズの上側にあってもよいことはいうまでもない。斐は、試料と二次電子検出器との間にE×B形のフィルタがあれば実現できる。

【0033】さらに、本発明は走査形電子顕微鏡に対して述べたが、これに限ることなく類似の電子線応用装置一般に適用できるし、さらにイオン線のような荷電粒子線応用装置一般に適用できることは言うまでもない。ただ、正の電荷を持っている荷電粒子線の場合には、減速電圧は正の値にする必要がある。

【0034】

【発明の効果】本発明によれば、低加速領域でも荷電粒子線径を増大させることなく二次荷電粒子を検出器の方に偏向することが可能となるので、高分解能でかつ二次荷電粒子の高検出効率を得られる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示す荷電粒子光学系の縦断面図。

【図 2】 E×B 形フィルタの色収差に関する説明図。

【図 3】 E×B 形フィルタの色収差により生じる偏向角と試料に印加した減速電圧との関係曲線図。

【図 4】 フィルタの色収差を自己打消しさせるための基本光学系の縦断面図。

【図 5】 E×B 形フィルタによる一次電子線と二次電子

の軌道を示す説明図。

【符号の説明】

1…電子銃、2…電子線、3…加速レンズ、4…コンデンサレンズ、5…対物レンズ、6…試料、7…偏向器、8…二次電子、9…二次電子検出器、10、11…E×B 形フィルタ、12…物点。

【図 1】

【図 2】

【図 3】

【図 4】

【図 5】

図 1

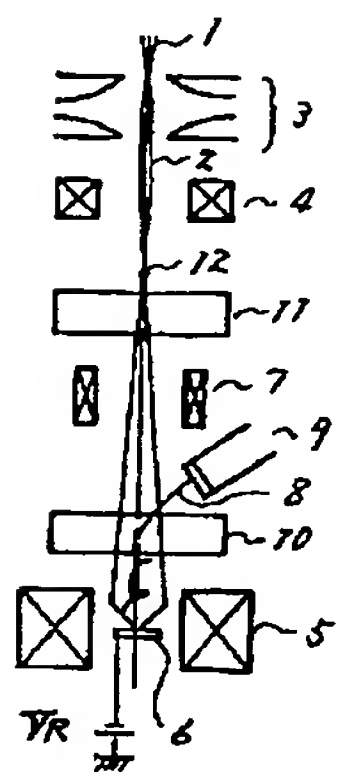


図 2

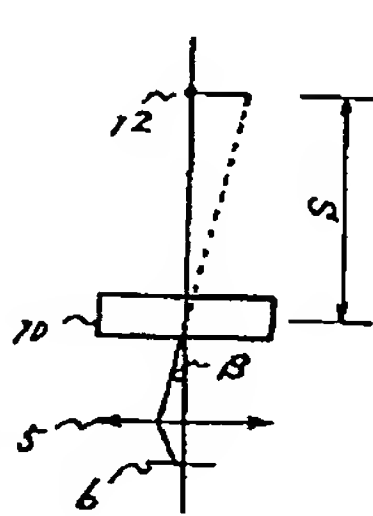


図 3

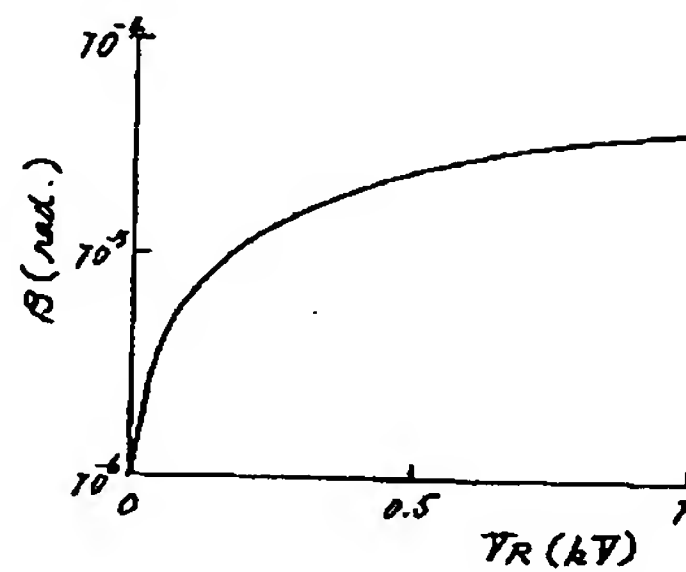


図 4

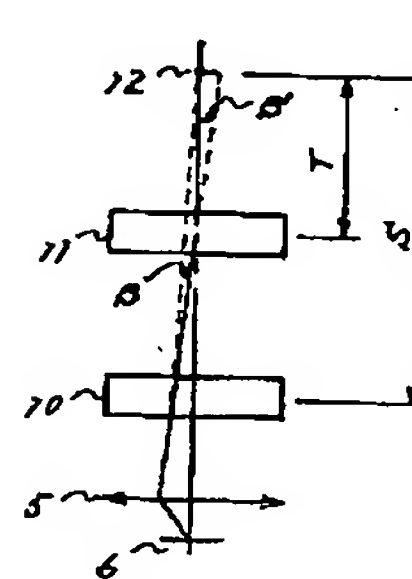


図 5

